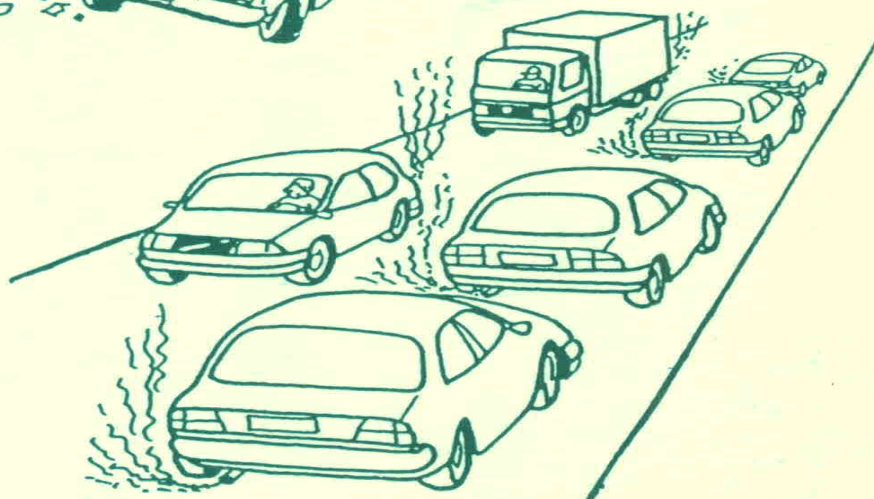
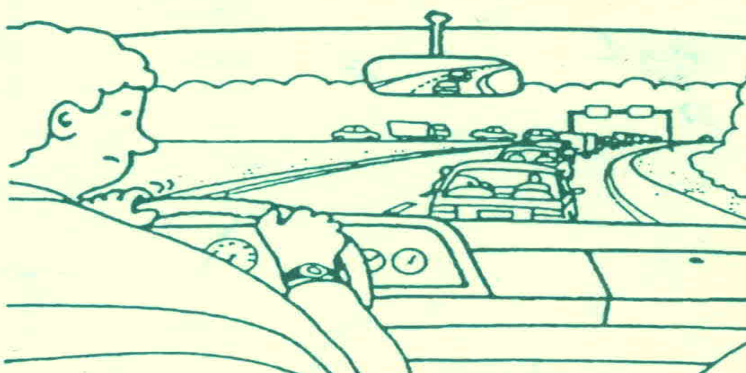
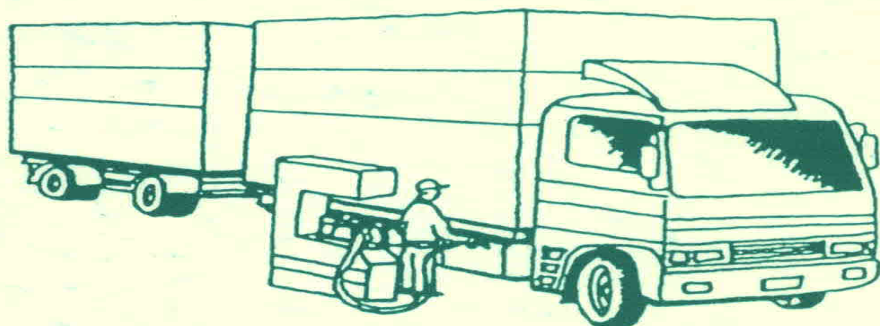


Tieliikenteen ajokustannukset 1993





Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 930666
Nidenro: 930883

Tieliikenteen ajokustannukset 1993

Tielaitos
Kehittämiskeskus

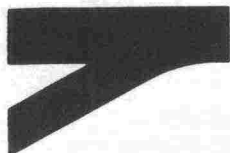
Helsinki 1993

ISBN 951-47-7672-0
TIEL 2123614-93
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

Julkaisua myy:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotemyynti
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721



VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA

KOHDISTUVUUS
TIEL, aluehallinto

ASIASANAT

ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset, ympäristökustannukset

KORVAA/MUUTTAA
TIEL 2123614-92

VOIMASSA
1.6.1993 - toistaiseksi

Tieliikenteen ajokustannukset 1993 (TIEL 2123614-93)

Tieliikenteen ajokustannukset 1993 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti tielaitoksen sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot ja kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Lisäksi käsitellään lyhyesti melun ja pakokaasujen haittojen hinnoittelua. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).

Ajokustannusten laskentaperusteet on hyväksytty vuonna 1990 sekä melu- ja pakokaasuhaittojen hinnoitteluperusteet vuonna 1991 tielaitoksen johtokunnassa. Tähän julkaisuun on eri kustannuskomponenttien osalta tehty kustannustason muutoksia vastaavat korjaukset.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun. Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen kattavasti vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa voidaan ottaa huomioon muutokset myös rinnakkaisilla ja poikittaisilla yhteyksillä sekä liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisissa tapauksissa.

Johtaja

Erkki Koskinen
Erkki Koskinen

Apulaisjohtaja
Tiehallinto

Aulis Nironen
Aulis Nironen

LISÄTIETOJA

Tielaitos, kehittämiskeskus
Jukka Ristikartano
Puh. (90) 14872341
Mervi Karhula
Puh. (90) 14872342

JAKELU/MYYNTI

Tielaitos, painotuotemyynti
Opastinsilta 12 A tai PL 33
00521 HELSINKI
Fax (90) 14872652
Puh. 14872053

TIEDOKSI:

E, Ts, Th, Tk, Lpk

TIEL:n kirjasto

Liikenneministeriö

Ympäristöministeriö / KR-osasto

Tiekonsultit

Karvonen

Ristikartano

Karhula

LUKIJALLE

Autoliikenteen ajokustannusten laskelmiin sisällytetään ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannukset sekä lisäksi melun ja pakokaasujen haittojen kustannukset (vuodesta 1992 alkaen). Laskelmien yhteiskuntataloudellinen tarkastelunäkökulma tarkoittaa mm. sitä, että ajoneuvokustannuksista tieliikenteen erityisverot jätetään pois, yksityiskäytössä olevien henkilöautojen pääomakustannuksista lasketaan mukaan vain ajosuoritteeseen kohdistuva osa, liikenteessä käytetty henkilöaika arvotetaan ajoneuvolajeittain ja onnettomuuskustannuksiin sisällytetään taloudellisten kustannusten lisäksi hyvinvoinnin menetyseriä.

Ajoneuvokustannukset jakaantuvat kolmeen osaan: ajosuoritteeseen ja ajoaikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan. Kustannusten laskentamenetelmä perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteelle, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat auton nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Laskentamenetelmän perusteita on käsitelty julkaisuun liitetyn esimerkkilaskelman yhteydessä.

Liikenteessä käytetyn ajan tuntihinta henkilöautoa kohti vaihtelee matkustajamäärän lisäksi myös matkan tarkoituksen mukaan (käytössä on 3 matkaryhmää). Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on kunkin autolajin ajohenkilöstön palkkataso. Linja-automatkustajien aikakustannukset sisällytetään laskelmiin.

Onnettomuuskustannukset lasketaan onnettomuusmäärien perusteella. Esim. hankesuunnittelussa voidaan onnettomuusmääriä arvioida onnettomuusasteiden ja liikennemäärien avulla yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista ja samantapaisten tieolojen keskimääräisistä onnettomuusmääristä. Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutus onnettomuusmääriin on arvioitavissa eri toimenpidetyypeille määritettyjen vaikutuskertoimien avulla.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melulle alttiina olevien henkilömäärien perusteella ja pakokaasujen haittojen kustannukset pakokaasupäästöjen määrien (4 päästöalajia) avulla. Ympäristöhaittojen kustannusten laskentaa tarvitaan tieverkon kehittämishankkeiden esisuunnittelu- vaiheissa sekä tienpidon ohjelmien vaikutuksia arvioitaessa.

Ajokustannusten yksikköarvojen perustana olevien komponenttien hintakehitystä seurataan sekä määrittäisperusteet tarkistetaan vuosittain. Tästä julkaisusta kuten ajoneuvokustannusten sekä melu- ja pakokaasupäästöjen haittojen yksikköarvojen määrittämisestä vastaa tielaitoksen kehittämiskeskus. Aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot on tarkistettu tielaitoksen tutkimuskeskuksessa.

Tämän julkaisun yksikköarvot vastaavat tienrakennuskustannusindeksin 138 tasoa.

Sisältö

1	AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT 1993	8
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET	11
2.1	Autolajien ominaisuudet	11
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	12
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	13
2.4	Aikakustannukset	15
2.5	Onnettomuuskustannukset	16
2.6	Ympäristökustannukset	18
3	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ	19
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	19
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	21
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	22
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	24
3.5	Aikakustannusten laskeminen	27
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	28
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	32
3.8	Ympäristökustannusten laskeminen	33
3.9	Tiehankkeen kustannukset	35
3.10	Taloudellisuustarkastelut	36
4	LIITE	38
	Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä	38

1 AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT

Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa **yhteiskuntatalouden näkökulmasta**. Kustannuksissa ei siten ole mukana polttoaineiden ja autojen hintoihin sisältyviä erillisveroja eikä moottoriajoneuvoveroa. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen osalta on jätetty pois se osa pääomakustannuksista,

jonka ei oleteta olevan sidoksissa ajosuoritukseen. Taulukossa 1.1 on vasemmalla esitetty liikennetaloudellisten laskelmien perustana olevat ajoneuvokustannusten perusarvot. Taulukossa oikealla olevat yksityistaloudelliset kustannukset (tienkäyttäjän näkökulma) on esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot 1993 (keskimäärin koko vuonna, kustannustaso vastaa tr-indeksiä 138)

Yhteiskuntataloudellinen kust.	
Autolaji	Ajoneuvokustannus (Ank) p/km
Henkilöauto	72
Pakettiauto	170
Kevyt auto	82
Linja-auto	351
Kuorma-auto	376
Raskas auto	372

Yksityistaloudelliset kust.lisät		
Erityisverot p/km	Muut yks. tal. kust. p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
41	35	148
20	0	190
39	31	152
34	0	385
55	0	431
51	0	423

Taulukon 1.1 ajoneuvokustannusten yhteiskuntataloudelliset perusarvot eivät sellaisenaan sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääräistä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joi-

den määrittäysperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmät luvussa 3.

Kevyen ja raskaan auton (tyyppiautot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1.

Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilöautoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen.

Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen palkkataso. Linja-auton matkustajien aikakustannuksina käytetään matkaryhmän työ- tai asiointimatkat (henkilöautot) ajan arvoa.

Taulukko 1.2 Aikakustannusten perusarvot 1993 (kustannustaso vastaa tr-indeksiä 138)

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti /henkilö	mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka	1,3	115,00	149,50
	Työ- tai asiointimatka	1,6	19,40	31,00
	Vapaa- tai loma-ajan matka	2,2	11,10	24,40
	Keskimäärin	1,9		40,80
Pakettiauto	Työajan matka	1,0	77,90	77,90
Kevyt auto		1,8		44,50
Linja-auto		1+13,5		368,20
Kuorma-auto		1,1	96,10	105,70
Raskas auto				153,00

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella. Laskennat on pyrittävä tekemään matkaryhmittäin (matkan tarkoitus)

sekä laskelmat kevyille ja raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoitusjakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.

Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi myös hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyyppille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon tielaitoksen onnettomuustilaston peittävyys.

Taulukko 1.3 Onnettomuuskustannusten perusarvot 1993 (yleiset tiet, kustannustaso vastaa tr-indeksiä 138)

Onnettomuuden seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuollut	7 620 000
Pysyvästi vammautunut	4 700 000
Tilapäisesti vammautunut	51 500
Vammautunut keskimäärin	143 000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 900 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	213 000
Henkilövahinko-onnettomuus	955 000
Omaisuusvahinko-onnettomuus	44 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	320 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden

avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.

Ympäristökustannukset (Ymk)

Ympäristökustannuksina arvioidaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Muita ympäristövaikutuksia ei hinnoitella vaan ne

arvioidaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteydessä.

Taulukko 1.4 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1993

Päästölaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 200	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	5 000	mk / tonni
Hiilivedyt	10 000	- " -
Hiukkaset	92 000	- " -
Hiilidioksidi	170	- " -

2 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvot on laskettu käyttäen lähtötietoina taulukon 2.1 autolajien ominaisuuksia. Tiedot perustuvat mm. autorekisterikeskuksen ja autoalan yhdistysten julkaisemiin tilastoihin sekä mittauksiin. Polttoai-

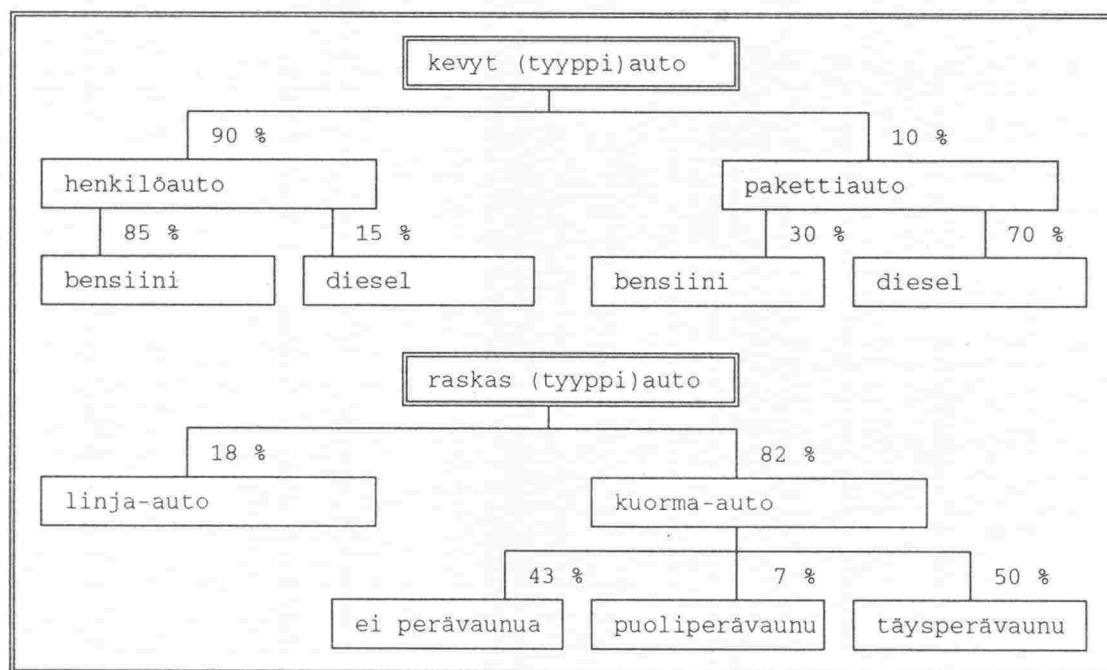
neenkulutus kuvaa keskimääräistä kulutusta vuoden aikana. Kevyt ja raskas tyyppiauto on muodostettu näistä kuvan 2.1 kaavion mukaisilla ajosuoriteosuuksilla painottaen.

Taulukko 2.1 Eri autolajien perusominaisuudet

Autolaji	ha	pa	la	kaip	kapp	katp
Polttoaineenkulutus (l/100km)	7,9	11	30	26	37	43
Ajosuorite (km/a)	17500	15000	72500	33500	70000	90000
Hinta (mk)	78400	103500	1000000	424000	946000	1117000
" erityisveroin (113000)	-	-	-	-	-	-
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	10	11	11	11	11	11
Dieselkäyttöisiä (%)	8	70	100	100	100	100

Polttoaineiden hinnat (veroton/verollinen) alkuvuoden (maaliskuu) 1993 hintatasossa olivat:

benssiini 95 E 2,44/4,80, benssiini 99 2,61/5,42 ja dieselöljy 2,10/3,24 mk/l.



Kuva 2.1 Tyyppiautojen muodostuminen ja ajosuoritteiden painot

2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (taulukko 2.2). Osat on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta määräytyviin osiin. Kustannuksista polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen ylläpito- ja hallintokustannukset on jätetty pois. Pääoman poistosta ja korosta otetaan laskelmiin mukaan puolet, mikä voidaan katsoa

ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvonalenemaan. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvokustannuksiin vaan onnettomuuskustannuksiin.

Eri autolajien laskennalliset **yhteiskuntataloudelliset kilometrikustannukset** (keskimäärin) muodostuvat taulukoiden 2.2 ja 2.3 mukaisiksi. Vertailun vuoksi niissä on esitetty myös yhteiskuntataloudellisista tarkasteluista pois jätettävät yksityistaloudelliset kustannuserät.

Taulukko 2.2 Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1993

Osakustannukset	Henkilö-auto (p/km)	Paketti-auto (p/km)	Kevyt auto (p/km)
Polttoaine	19,2	24,4	19,7
Korjaus, huolto ja voitelu	20,5	27,2	21,2
Renkaat	3,3	4,8	3,4
Ylläpito	0,9	9,7	1,8
Hallinto	0,7	11,7	1,8
Pääoman poisto	16,8	61,6	21,3
Pääoman korko	10,4	30,5	12,4
Yhteensä (Ank)	71,9	169,8	81,7

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)			
Polttoainevero	18,1	17,1	18,0
Moottoriajoneuvovero	1,0	2,8	1,2
Autovero	21,6	0,0	19,5
Liikenteen erityisverot yhteensä	40,8	19,8	38,7
Osa kiinteistä kustannuksista	35,0	0,0	31,5
Yksityistaloudellinen kustannus	147,7	189,7	151,9

Taulukko 2.3 Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1993

Osakustannukset	Linja- auto (p/km)	Kuorma-auto (p/km)			Raskas auto (p/km)
		ilman pv.	puolipv.	täysperäv.	
Polttoaine	63,0	54,6	77,7	90,3	72,1
Korjaus, huolto ja voitelu	77,1	82,5	53,5	57,9	69,8
Renkaat	12,2	20,5	35,2	43,2	29,2
Ylläpito	17,5	22,1	10,6	8,2	14,9
Hallinto	24,2	21,8	20,2	15,7	19,6
Pääoman poisto	93,3	113,0	120,6	110,8	109,0
Pääoman korko	63,3	55,9	59,7	54,8	57,0
Yhteensä (Ank)	350,5	370,4	377,6	381,0	371,6

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)					
Polttoainevero	34,2	29,6	42,2	49,0	39,1
Moottoriajoneuvovero	0,0	16,3	14,0	13,1	11,9
Liikenteen erityis- verot yhteensä	34,2	45,9	56,1	62,1	51,0
Liiketaloudellinen kustannus	384,7	416,4	433,7	443,1	422,6

Laskelmien polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvien kustannusten perustasoiksi saadaan kevyille autoille **44,4 p/km** ja raskaille autoille **171,0 p/km**. Kiinteiksi kustannuksiksi saadaan

vastaavasti **37,3 p/km** ja **200,6 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

Autojen ajokilometrin kustannukset muuttuvat nopeuden muuttuessa. Matkanopeuksiin vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne.

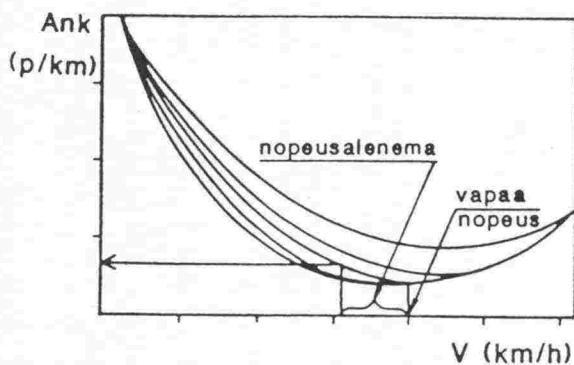
Kustannusmalleissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tähän kustannusten tasoon lasketaan korjaus, kun **tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman**. Kustannusten määräytymisen periaate on esitetty kuvassa 2.2.

Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien laskemiseksi kehitetyissä nopeusmalleissa on otettu huomioon tien geometrian ja liikenteen määrän vaikutus autojen keskimääräiseen matkanopeuteen. Matkanopeuksiin perustuvien kustannusmallien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset kullekin tielle ja liikennetilanteelle.

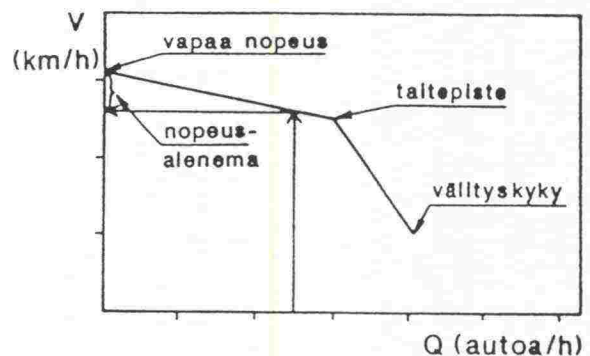
Keskimääräisiä matkanopeuksia tarvitaan myös liikenteen aikakustannusten laskemiseen.

Liikenteen ajoneuvokustannukset vuoden ajalta saadaan laskettua, kun tiedetään liikennesuorite-
teen jakautuminen eri tuntiliikenneryhmiin. Vuo-
den jokaisen tunnin liikenteelle ruuhkautuneim-
asta hiljaisimpaan voitaisiin mallilla laskea
ajoneuvokustannukset. Riittävä laskentatarkkuus
saavutetaan kuitenkin yleensä laskemalla liiken-
teen keskimatkanopeudet ja **kustannukset va-
paissa liikenneoloissa ja vuoden 1000. vilk-
kaimpana tuntina**, joka yleensä vastaa kustan-
nuksiltaan vuoden keskimääräistä tasoa.

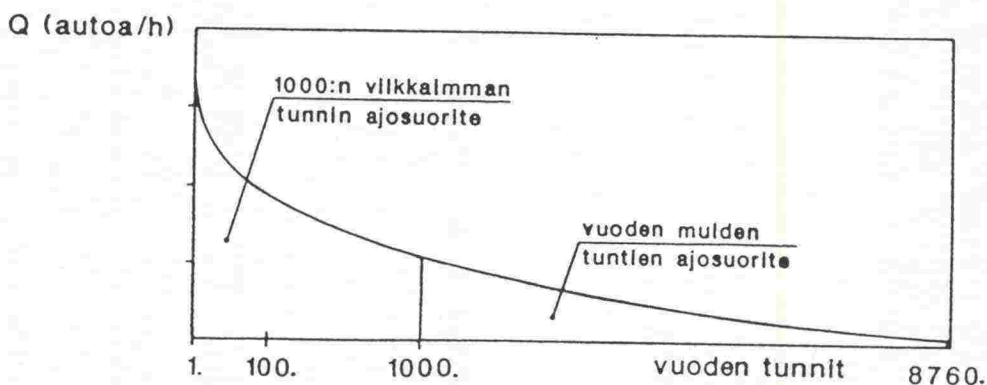
**Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi
kustannukset liian pieniksi**, sillä luvussa 3
esitetty laskentamenetelmä sisältää vain nopeus-
mallin taitepistettä edeltävän osan. Jos tarkastel-
tava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman
laskentamenetelmän käyttöä (liite). Liitteessä
esitellään laskentamenetelmää, jossa ajosuorite
jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien
keskimääräisiä ajokustannuksia painotetaan
ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kustannusmalli



Nopeusmalli



Tuntijärjestyskäyrä

Kuva 2.2 Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta

2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo henkilöautoilla on laskennallisesti sidottu teollisuustyöntekijän keskimääräiseen kokonaistuntipalkkaan (55,40 mk, arvio I nelj./93). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan:

- **matkat työaikana:** ajan arvo on 1,3 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien (välittömien) työnantajakulujen summa. Työnantajakulujen osuus on 59,7 %

- **matkat kodin ja työpaikan välillä sekä erilaiset asiointimatkat:** ajan arvo on 35% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta
- **matkat vapaa- ja loma-aikana:** ajan arvo on 20% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautoilla ajan arvo on kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen summa. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (pakettiautojen osuus 10%). Pakettiautomatkat sisältyvät työajan matkoihin.

Taulukko 2.4 Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1993

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka (11)	1,3	115,00	149,50
	Työ- tai asiointimatka (40)	1,6	19,40	31,00
	Vapaa- tai loma-ajan matka (49)	2,2	11,10	24,40
	Keskimäärin	1,9		40,80
Pakettiauto		1,0	77,90	77,90
Kevyt auto	Työajan matka (20)	1,15		113,10
	Työ- tai asiointimatka (36)	1,6		31,00
	Vapaa- tai loma-ajan matka (44)	2,2		24,40
	Keskimäärin	1,8		44,50

Linja-autoilla ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona on käytetty taulukon 2.4 työ- tai asiointimatkaryhmän mukaista arvoa.

Kuorma-autoilla ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (48,80 mk, arvio I nelj./93) ja vastaavien työnantajakulujen summana. Kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Taulukko 2.5 Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1993

Autolaji	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Linja-auto	1+13,5		368,20
Kuorma-auto	1,1	96,10	105,70
Raskas auto			153,00

2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemiseksi käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. **hyvinvoinnin menetysten** arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannukset lasketaan **yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen** perustuvan menetelmän mukaisesti. Tämä menetelmä on nykyään käytössä monissa maissa.

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaalitaloudelliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset.

Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote/työvoima)
- sairaanhoitokulut
- hallintokulut
- (hautajaiset)
- ajoneuvovahingot.

Hyvinvoinnin menetykset lasketaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvana. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusriskin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset. Menetykset on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti:

- **Onnettomuudessa kuolleen** hyvinvoinnin menetys on 100-prosenttisesti invalidisoituneen ihmisen keskimääräinen laitoshoitokustannus jäljellä olevalta elinajalta (30v).
- **Pysyvästi vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on määritelty keskimääräisen lääketieteellisen invaliditeettiasteen mukaisesti (46% täysininvalidin menetyksestä).
- **Tilapäisesti vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on arvioitu vertaamalla sairauspäivien lukumäärää pysyvästi vammautuneen laitoshoidoikaan (0,5% pysyvästi vammautuneen menetyksestä).

Onnettomuuskustannukset arvotetaan laskettavissa olevia taloudellisia kustannuksia suuremmiksi. Yksikkökustannusten määrittelyssä on käytetty diskonttauskorkona 5%:a ja talouskasvuarviona 2,4%:a. Invaliditeettiasteet perustuvat suomalaiseseen tilastoaineistoon.

Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja onnettomuuslajeittaiset yksikkökustannukset taulukossa 2.7.

Taulukko 2.6 Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä 1993

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 680 000	4 940 000	7 620 000
Pysyvästi vammautunut	2 445 000	2 250 000	4 700 000
Tilap. vammautunut	37 000	14 500	51 500
- vaikea vamma	60 000	23 000	83 000
- lievä vamma	13 000	6 000	19 000
Vammautunut keskimäärin	88 000	55 000	143 000

Taulukko 2.7 Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä 1993

Onnettomuuslaji	Kustannus (mk)	
	Korjaamaton	Korjattu
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 900 000	8 900 000
Pysyvään vammautumiseen johtanut onnettomuus	5 500 000	5 500 000
Tilapäiseen vammautumiseen johtanut onnettomuus	58 000	92 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	166 000	213 000
Henkilövahinko-onnettomuus	880 000	955 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	13 600	44 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	250 000	320 000

Kustannukset on laskettu alkuvuoden 1993 hintatason mukaisina ja niissä on käytetty hyväksi tielaitoksen onnettomuustilastoja. Taulukossa 2.7 on esitetty sekä tilastojen perusteella lasketut kustannukset (korjaamaton luku) että ns. edustavuuskertoimien avulla korjatut kustannukset (korjattu luku). Taulukon 2.6 kustannukset on myös korjattu edustavuuskertoimilla.

Edustavuuskertoimien avulla on otettu huomioon yleisten teiden onnettomuuskustannusten las-

kennassa tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys. Tieviranomaisen tietoon tulevat kaikki yleisten teiden kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 65 prosenttia vammautumiseen ja noin 30 prosenttia omaisuusvahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien kustannuksia on korjattu keskimäärin edustavuuskertoimella 1,6 ja omaisuusvahinkoon johtaneiden kertoimella 3,3.

2.6 Ympäristökustannukset

Melun kustannuksiin sisältyvät haitat, jotka aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Haittojen kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla. Melun yksikköhinta on määriteltä melun aiheuttaman päivittäisen häiriön keston ja tielaitoksen käyttämien ajan yksikköarvojen avulla. Melun yksikköhinta / vuosi on 5200 mk / melun häiriönä kokeva asukas.

Meluhaitat väylien läheisyydessä lasketaan päiväajan (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien osuus vaihtelee eri melutasoilla. Tiehankkeissa melun aiheuttaman haitan kustannuksia lasketaan aiheutuvan 55 dB:stä lähtien. Melun häiritsemien osuutena käytetään:

Melutaso dB	häiriötä kokevien osuus asukkaista %
55-65	33
65-70	50
> 70	100

Pakokaasujen kustannuksiin sisältyvät haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset. Kustannukset lasketaan tiehankkeissa päästömäärien ja yksikköhintojen avulla. Pakokaasujen haittojen yksikköhintoja määritettäessä on tarkasteltu sairauksia, korroosiota, likaantumista, viihtyisyyden vähenemistä, metsän ja pellon tuoton vähene- mistä sekä kasvihuoneilmiötä.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamat haitat aiheutuvat pääosin typen oksidien, hiilivetyjen, hiukkasten ja hiilidioksidin päästöistä. Näille yhdisteille on määritetty yksikköhinnat. Epävarmuustekijöiden takia typen oksidien, hiilivetyjen ja hiukkasten yksikköhintoja on korotettu kertoimella 1,3. Yksikköhinnat on määritetty alkujaan vuoden 1989 hintatasossa. Taulukossa 2.8 esitetyt yksikköarvot on korjattu vuoden 1993 alun hintatasoon kuluttajahintaindeksin avulla.

Tarkemmat perusteet hinnoittelumenettelystä on esitetty raportissa Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa (TIEL 3200058, Helsinki 1992).

Taulukko 2.8 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1993

Päästölaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 200	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	5 000	mk / tonni
Hiilivedyt	10 000	- " -
Hiukkaset	92 000	- " -
Hiilidioksidi	170	- " -

3 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Tässä esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot)
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset
- määritetään onnettomuusasteet
- lasketaan onnettomuuskustannukset

Lähtötietoina tarvitaan:

Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus), liittymätiheys ja nopeusrajoitus.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyriltä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Laskentamenetelmän kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa oloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevissa oloissa (=V-dV)
V _{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysteen leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL _{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa
B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v ₀	(km/h)	vertailunopeus
OA	(onn./milj.km)	onnettomuusasteen odotusarvo
OA _{hav}	(onn./milj.km)	havaittu onnettomuusaste
OA _{kes}	(onn./milj.km)	keskimääräinen onnettomuusaste
O	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä
O _{ilm}	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä ilman parantamistoimenpidettä
k	(-)	toimenpiteen vaikutuskerroin onnettomuusmäärään

Alaindeksit (esim. V_{kev}, V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.

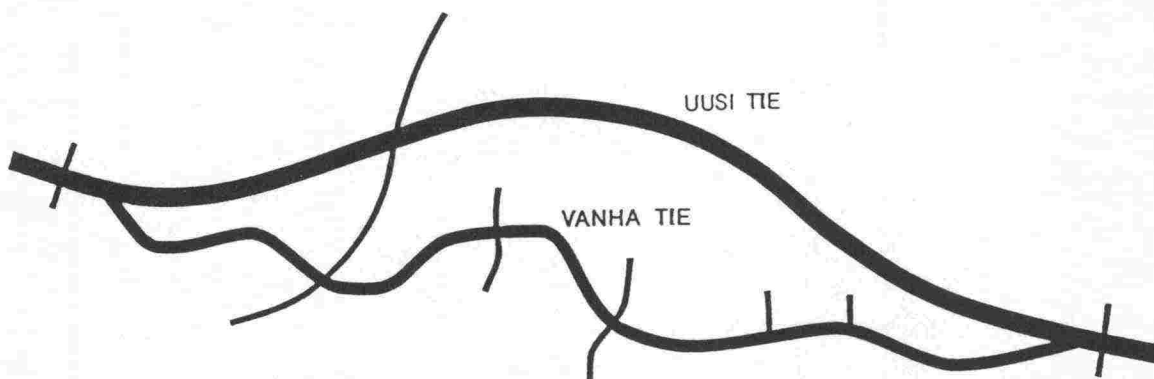
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vanhan valtatieyhteyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä tietä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysteen leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 1990	5500	-
KVL _{rask} 1990	760	-

Tarkastelujakso on vv. 2000 - 2020, liikenteen kasvu 3%/a välillä 1990 - 2010 ja n. 1%/a välillä 2010 - 2030. Uudelle tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen konelaskentapisteen mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta



3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tiehankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden

välein seuraaville 20 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	5500	7392	8569	9934	10440	10973
Ve 1, uusi tie	-	5913	6855	7947	8352	8778
Ve 1, vanha tie	5500	1478	1714	1987	2088	2195

Raskas liikenne, KVL _{rask} (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	760	1021	1184	1373	1443	1516
Ve 1, uusi tie	-	817	947	1098	1154	1213
Ve 1, vanha tie	760	204	237	275	289	303

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkastelu-
vuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saa-
daan esimerkiksi läheisten konelaskentapistei-

den tiedoista (julkaisusta Koneellinen liikennelas-
kenta 1987, TVH 713 427) tai liitteessä (kuva 1)
esitetyistä tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q ₁₀₀₀ . (autoa/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	591	686	795	835	878
Ve 1, uusi tie	473	548	636	668	702
Ve 1, vanha tie	118	137	159	167	176

3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaissa oloissa (V)**:

1-ajorataiset tiet

$$V_{kev} = 45 + 0,34 \cdot V_{raj} + 1,65 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

$$V_{rask} = 75 + W$$

2-ajorataiset tiet

$$V_{kev} = 40 + 0,6 \cdot V_{raj}$$

$$V_{rask} = 78 + 0,1 \cdot V_{raj}$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen keskimääräinen vapaa matkanopeus ei ole suurempi kuin kevyiden autojen ($V_{rask} \leq V_{kev}$).

0-vaihtoehto:

$$V_{kev} = 45 + 0,34 \cdot 80 + 1,65 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 83,8$$

$$V_{rask} = 75 + 7 = 82,0 (< 83,8)$$

$$\text{Ve 1, uusi tie: } V_{kev} = 103,8 \text{ ja } V_{rask} = 87,0$$

$$\text{Ve 1, vanha tie: } V_{kev} = 83,8 \text{ ja } V_{rask} = 82,0$$

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema** dV kunkin tarkasteluvuoden 1000. tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{raj} / 600 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{rask} = 0,04 \cdot V_{rask} \cdot Q / 1000 + 0,3 \cdot M$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{raj} / 1000 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{rask} = 0,04 \cdot V_{rask} \cdot Q / (N \cdot 1000) + 0,3 \cdot M$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen matkanopeus ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{rask} \geq (V_{rask} - V_{kev} + dV_{kev})$).

Korjataan matkanopeuden alenemaa tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{kev}$
- sorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{kev}$
- liikennevalot: tarkastellaan erikseen.

Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2000:

$dV_{kev} = 80/600 \cdot 36 + 13,8/10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 83,8 \cdot 591/1000 = \underline{9,5}$
 $dV_{rask} = 0,04 \cdot 82,0 \cdot 591/1000 + 0,3 \cdot 15 = 6,4$
Tarkistus: $dV_{rask} \geq 82,0 - 83,8 + 9,5 = 7,7$ eli $dV_{rask} = \underline{7,7}$

Matkanopeuden alenema, dV (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
dV_{kev}	<u>9,5</u>	10,1	10,9	11,1	11,4
dV_{rask}	<u>7,7</u>	8,4	9,1	9,4	9,7
Ve 1, uusi tie:					
dV_{kev}	5,8	6,5	7,2	7,5	7,7
dV_{rask}	4,3	4,6	4,9	5,0	5,1
Ve 1, vanha tie:					
dV_{kev}	6,3	6,5	6,6	6,7	6,7
dV_{rask}	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1

Keskimääräinen matkanopeus määritetään kevyille ja raskaille autoille kaavoista:

$v_{kev} = V_{kev} - dV_{kev}$
 $v_{rask} = V_{rask} - dV_{rask}$

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie v. 2010:

$V_{kev} = 103,8 - 7,2 = \underline{96,6}$
 $V_{rask} = 87,0 - 4,9 = \underline{82,1}$

Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
V_{kev}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
V_{rask}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
Ve 1, uusi tie:					
V_{kev}	97,9	97,3	<u>96,6</u>	96,3	96,0
V_{rask}	82,7	82,4	<u>82,1</u>	82,0	81,9
Ve 1, vanha tie:					
V_{kev}	77,4	77,3	77,2	77,1	77,0
V_{rask}	77,1	77,1	77,0	77,0	76,9

3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuorite-riippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaisenaan. Ajoajasta riippu-
vainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertailunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailla 70 km/h) ja 1000. tunnin matkanopeuden suhteella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (sivu 25) saadaan määritet-
tyä **suhteellinen polttoaineenkulutus** (dP) vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matka-

nopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla verrattuna kulutukseen keskimäärin koko vuon-
na). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kus-
tannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2)
kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$$Ank_{kev} = A_{kev}/2+80/v_{kev} \cdot A_{kev}/2+dP_{kev} \cdot B_{kev}$$
$$Ank_{rask} = A_{rask}/2+70/v_{rask} \cdot A_{rask}/2+dP_{rask} \cdot B_{rask}$$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot vuoden 1993
kustannustasossa ovat: $A_{kev}=37,3$, $B_{kev}=44,4$,
 $A_{rask}=200,6$ ja $B_{rask}=171,0$ p/km (sivu 13).

Esimerkiksi: Ve 1, vanha tie, raskaan auton ajoneuvokustannukset (p/km) vuonna 2015:
Raskaan auton ajoneuvokustannusten kiinteä osa $A_{rask} = 200,6$ p/km ja muuttuva osa $B_{rask} = 171,0$ p/km.
Vastaava suhteellinen polttoaineenkulutus on 0,842, kun vapaa nopeus on 82,0 km/h ja keskimääräinen matkanopeus 77,0 km/h (taulukko 3.2).
 $Ank_{rask} = 200,6/2+70/77,0 \cdot 200,6/2+0,842 \cdot 171,0 = \underline{335,6}$

Ajoneuvokustannukset, Ank _{kev} ja Ank _{rask} (p/km)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	77,8	78,0	78,2	78,3	78,4
Ank _{rask}	341,7	343,3	345,1	345,8	346,5
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	77,4	77,4	77,4	77,4	77,4
Ank _{rask}	334,7	335,2	335,7	335,9	336,1
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	77,0	77,1	77,1	77,1	77,1
Ank _{rask}	335,2	335,4	335,5	<u>335,6</u>	335,6

Taulukko 3.1 Kevyen auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Taulukko 3.2 Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tieosittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikennemäärän ja linkin pituuden avulla:

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kullekin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja raskaille autoille.

$$\text{Ank}(\text{Mmk/v}) = \text{Ank}(\text{p/km}) \cdot \text{KVL} \cdot 365 \cdot L / 10^8$$

Ajoneuvokustannukset, Ank (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	25,3	29,4	34,2	36,0	37,9
Ank _{rask}	17,8	20,8	24,2	25,5	26,8
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	18,4	21,4	24,8	26,0	27,4
Ank _{rask}	12,8	14,8	17,2	18,1	19,0
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	5,0	5,8	6,7	7,1	7,5
Ank _{rask}	3,5	4,1	4,7	4,9	5,2
Ve 1, yhteensä:					
Ank _{kev}	23,4	27,2	31,5	33,1	34,8
Ank _{rask}	16,3	18,9	21,9	23,1	24,2

3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik , p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4

kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla.

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005
 $Aik_{kev} = 44,5/97,3 \cdot 100 = \underline{45,7}$

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (p/km)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik _{kev}	59,9	60,4	61,0	61,3	61,5
Aik _{rask}	206,0	207,8	209,9	210,7	211,5
Ve 1, uusi tie:					
Aik _{kev}	45,5	<u>45,7</u>	46,1	46,2	46,4
Aik _{rask}	185,1	<u>185,7</u>	186,4	186,6	186,9
Ve 1, vanha tie:					
Aik _{kev}	57,5	57,6	57,7	57,7	57,8
Aik _{rask}	198,4	198,6	198,8	198,8	198,9

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin) lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

$$Aik(Mmk/v) = Aik(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$$

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010
 $Aik_{rask} = 186,4 \cdot 1098 \cdot 365 \cdot 12,8/10^8 = \underline{9,6}$

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (Mmk/v)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik _{kev}	19,5	22,8	26,7	28,2	29,7
Aik _{rask}	10,8	12,6	14,7	15,5	16,4
Ve 1, uusi tie:					
Aik _{kev}	10,8	12,6	14,7	15,5	16,4
Aik _{rask}	7,1	8,2	<u>9,6</u>	10,1	10,6
Ve 1, vanha tie:					
Aik _{kev}	3,7	4,3	5,0	5,3	5,6
Aik _{rask}	2,1	2,4	2,8	2,9	3,1
Ve 1, yhteensä:					
Aik _{kev}	14,6	17,0	19,8	20,8	22,0
Aik _{rask}	9,1	10,6	12,4	13,0	13,7

3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Liikennetaloudellisia laskelmia varten tärkeintä ja useimmiten riittävää on selvittää mahdollisimman luotettavasti **henkilövahinko-onnettomuuksien määrissä tapahtuvat muutokset**. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien taloudellinen merkitys on laskelmissa marginaalinen.

Henkilövahinko-onnettomuuksien määriä voidaan arvioida useiden eri menetelmien avulla. Käytävissä on onnettomuusmäärämalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienpitotoimien vaikutuksista erilaisiin onnettomuustyyppisiin. Onnettomuustarkastelun lähtökohtana on kuitenkin aina liikenneonnettomuuksien analysointi siltä verkon osalta, jolla tapahtuvat liikenteelliset muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ei useinkaan kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuustasoa. Pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta voidaan tehdä yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista sekä tie- ja liikenneolojen pohjalta lasketuista keskimääräisistä onnettomuusmäärien arvioista.

Seuraavassa esitetyllä menettelyllä voidaan karkeasti arvioida onnettomuustilanteen muutosten taloudellisia vaikutuksia. Tarkastelu on jaettu kahteen osaan:

- nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuustarkastelu
- parannetun tien onnettomuustarkastelu.

Nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuudet

Nykyisen tien henkilövahinko-onnettomuusasteelle (heva-onn./milj.autokm) saadaan määritettyä melko luotettava odotusarvo laskemalla viiden viimeisimmän vuoden havaitun onnettomuusasteen ja tieolojen perusteella arvioitavan keskimääräisen onnettomuusasteen (taulukko 3.3) keskiarvo. Heva-onnettomuusasteen odotusarvo on tällöin:

$$OA = (OA_{hav} + OA_{kes})/2$$

Uuden tieyhteyden onnettomuusaste joudutaan arvioimaan suunniteltujen tieolosuhteiden ja enustettujen liikenneolosuhteiden pohjalta. Karkean arvion tulevan onnettomuustilanteen tasosta voi tehdä taulukon 3.3 tieolosuhteisiin pohjautu-

van keskimääräisen onnettomuusasteen avulla ($OA = OA_{kes}$).

Taulukon 3.3 heva-onnettomuusasteet kuvaavat tielinjan ja liittymien yhdistettyä onnettomuusastetta. Liittymäalueiden (määriteltynä 200 m:n tieosana liittymän keskikohdasta kumpaankin suuntaan) karkeassa tarkastelussa voidaan käyttää taulukon 3.3 lukuarvoja kerrottuna kahdella. Jos tarkasteltavalla tieosuudella on tapahtunut verrattain paljon henkilövahinko-onnettomuuksia (vähintään 20 onnettomuutta viiden viimeisimmän vuoden aikana), voidaan heva-onnettomuusasteen odotusarvo laskea pelkkien tapahtuneiden onnettomuuksien määrän perusteella.

Taulukko 3.3 Henkilövahinko-onnettomuuksien keskimääräisiä onnettomuusasteita (onnettomuudet/milj.autokm) yleisillä teillä

Moottoriväylät ¹⁾

Moottoritie	0,10
Moottoriliikennetie	0,11

1) Sisältää eritasoliittymien onnettomuudet

Taajamien ulkopuoliset muut tiet

Tietyyppi	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 70 km/h	80 km/h	100 km/h
Valta- tai kantatie	0,28	0,19	0,14
Seudullinen tie, kooja- tai yhdystie	0,27	0,21	0,15

Tiet taajamissa ²⁾

Tieympäristö	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 50 km/h	60 - 70 km/h	≥80 km/h
Tien varressa palveluja	0,61	0,44	0,24
Tien varressa muuta maankäyttöä	0,34	0,30	0,23

2) Tierekisterin tietolajin 306, Maankäyttötieto mukainen taajaman tie.
Huom: Taulukosta saadaan erilaisten tieolosuhteiden keskimääräinen henkilövahinkojen onnettomuusaste. Nopeusrajoitus on valittu yksin kuvaamaan tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei kuitenkaan voida arvioida taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon ja vuotuisen ajosuoritteen tulona saadaan laskettua halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuuslaskelmia varten yleensä riittävän luotettavasti:

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

$$O \text{ (heva-onn./a)} = OA \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^6$$

Parannetun tien onnettomuudet

Parannettavan tien henkilövahinko-onnettomuuksien määrä arvioidaan ensin ilman parantamistoimenpiteitä (O_{ilm}) samalla tavoin kuin nykyisen tien onnettomuusmäärä. Parantamistoimenpitei-

den vaikutus onnettomuusmäärään voidaan arvioida tien parantamistoimenpiteen mukaisen vaikutuskertoimen avulla (taulukko 3.4).

Taulukko 3.4 Turvallisuustoimenpiteiden vaikutus heva-onnettomuuksiin

TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)	TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)
KEVYTIIKENTEEN JÄRJESTELYT		LIITTYYMIEN PARANTAMINEN	
kevytliikenteen väylä	0,85	liittymän kanavointi (kun ongelmana ei ole risteämisonn.)	
kevytliikenteen eritaso	0,85	- 4-haaraliittymä	0,75
koroke suojatielle	0,90	- 3-haaraliittymä	0,95
suoja tien valo-ohjaus	0,90	- valo-ohj.liittymä	0,85
LIIKENTEEN OHJAUS		liittymän porrastaminen	0,75
nopeusrajoituksen muutos		kiertoliittymän rakentaminen	0,80
50 → 60 km/h	1,10	eritasoliittymän rakentaminen	0,60
50 → 70 km/h	1,19	väistötilan rakentaminen	0,85
60 → 50 km/h	0,91	TIEN PARANTAMINEN	
60 → 70 km/h	1,09	moottoriliikennetie → mo-tie	0,90
60 → 80 km/h	1,18	tievalaistus	0,95
70 → 50 km/h	0,84	suuntauksen parantaminen	0,90
70 → 60 km/h	0,92	kapean tien levenyttäminen	
70 → 80 km/h	1,08	taajaman ulkopuolella	0,80
70 → 100 km/h	1,54	ohituskaista	0,95
80 → 50 km/h	0,78	yksityistiejärjestelyt	0,90
80 → 60 km/h	0,85	TAAJAMAN LIIKENNEJÄRJESTELYT	
80 → 70 km/h	0,93	liikennesaneeraus, sisältää	
80 → 100 km/h	1,43	nopeusrajoituksen alentamisen	0,70
100 → 70 km/h	0,65	RAUTATIEN TASORISTEYS	
100 → 80 km/h	0,70	STOP-merkin asettaminen	0,50
liikennevalot		puolipuumit	0,30
- uusi valo-ohjaus		TALVIKUNNOSSAPITO	
- 4-haaraliittymä	0,60	tehostettu liukkauden torjunta	0,85
- 3-haaraliittymä	0,80		
- liikennetieto-ohjaus	0,80		
kärkikolmion asettaminen	0,95		
STOP-merkin asettaminen	0,75		

Huom: Esim. liittymän parantamisen (paikkaan sidottu toimenpide) katsotaan vaikuttavan 200 metrin matkalla tien kumpaankin suuntaan.

Arvio toimenpiteen jälkeisestä henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä saadaan suoraan kertomalla ilman toimenpidettä tapahtuvaksi arvioitu onnettomuusmäärä vaikutuskertoimella:

$$O(\text{heva-onn./a}) = k \cdot O_{ilm}$$

Vaikutuskertoimilla kerrottaviin onnettomuusmääriin (O_{ilm}) saavat sisältyä vain toimenpiteen vaiku-

tusalueella tapahtuneet onnettomuudet. Jos kaksi toimenpidettä (tai useampi) vaikuttaa samoihin onnettomuuksiin, saadaan arvio onnettomuusmäärästä kertomalla lähtökohtatilanteen onnettomuusmäärä yksittäisten toimenpiteiden vaikutuskertoimien tulolla. Nopeusrajoituksen muuttaminen parannetulla tiellä alkuperäisestä muuttaa onnettomuustilannetta ja myös sen vaikutus arvioidaan taulukon 3.4 vaikutuskertoimien avulla.

Taulukon 3.4 vaikutuskertoimet ovat verrattain karkeita keskiarvolukuja. Toimenpiteiden todellinen vaikutus onnettomuustilanteeseen on kuitenkin paljolti riippuvainen kohteen toteuttamisen yksityiskohdista ja laadusta. Vaikutuskertoimet soveltuvat siten taloudellisuuslaskelmien tarpeisiin mutta eivät erilaisten toimenpidevaihtoehtojen

valintapäätösten perustaksi. Yksityiskohtaisempia tarkasteluja varten on käytettävissä mm. julkaisut: Tienpitotoimenpiteiden vaikutus liikenneturvallisuuteen (TIEH 701875. Helsinki 1990) ja Tiehankkeiden turvallisuusvaikutusten arviointi (VTT, tutkimusselostus 822. Espoo 1991).

Esimerkkitapauksessa onnettomuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle (sekä 0-vaihtoehdolle että ve 1:lle) viiden vuoden onnettomuustietojen ja taulukon 3.3 avulla. Onnettomuusasteen oletettiin pysyvän samana koko tarkasteluajanjakson. Moottoriliikennetien onnettomuusaste arvioitiin taulukon 3.3 keskimääräisen onnettomuusasteen avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi $(0,17+0,19)/2 = 0,18$ onn./milj. autokm ja moottoriliikennetielle 0,11 onn./milj. autokm.

Onnettomuusasteiden ja liikennemäärien perusteella arvioitiin henkilövahinko-onnettomuuksien määrät eri vuosille.

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie v. 2015:
 $0,11 \cdot 8352 \cdot 365 \cdot 12,8 / 10^6 = 4,3$ henkilövahinko-onnettomuutta

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	6,8	7,9	9,1	9,6	10,1
Ve 1, uusi tie	3,0	3,5	4,1	<u>4,3</u>	4,5
Ve 1, vanha tie	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0
Ve 1, yhteensä	4,4	5,1	5,9	6,2	6,5

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannukset voidaan suunnitteluti-
lanteissa usein arvioida riittävällä tarkkuudella
käyttämällä henkilövahinko-onnettomuuksien
määrää ja yksikkökustannusta. Arvio kustannuk-
sista voidaan vain poikkeustapauksissa tehdä
onnettomuuksien vakavuusasteiden ja vastaavi-

en onnettomuuksien yksikkökustannusten perus-
teella. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kus-
tannukset voidaan ottaa huomioon vakiokerto-
imen avulla (esim. kerroin 1,1, jolloin osuus on-
nettomuuskustannuksista on noin 10%).

Esimerkkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihto-
ehdoissa keskimääräistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omai-
suusvahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

Esimerkiksi: 0-ve v. 2005: $Onk = 7,9 \cdot 955000 \cdot 1,1 / 10^6 = \underline{8,3}$

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	7,1	<u>8,3</u>	9,6	10,1	10,6
Ve 1, uusi tie	3,2	3,7	4,3	4,5	4,7
Ve 1, vanha tie	1,4	1,7	1,9	2,0	2,1
Ve 1, yhteensä	4,6	5,4	6,2	6,5	6,9

3.8 Ympäristökustannusten laskeminen

Liikenteen aiheuttamat päästöt, melutasot ja melualueilla asuvat lasketaan sen tieverkon alu-
eella, jonka liikennemääriin tai -olosuhteisiin
hanke vaikuttaa merkittävästi.

**Melun vaikutustarkasteluissa selvitetään päi-
väliikenteen (klo 7-22) ulkomelun ekvivalentti-
tasot.** Väylän läheisyydessä määritetään erikseen
55, 65 ja 70 dB:n melutasojen etäisyys tiestä eli
melurajat (melukäyrät) ja arvioidaan näiden rajaa-
milla melualueilla asuvien määrät laskentajak-
son päättymisvuonna. Melualueiden rajoja ei
yleensä ole tarpeen määrittää erikseen tarkaste-
lujakson muina vuosina, sillä liikennemäärien
normaalit muutokset vaikuttavat melutasoihin vain
vähän. Asukkaiden määrien arviointiin voidaan
käyttää väestörekisterin tietoja tai rakennusten
määrän avulla tehtyjä arvioita.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melun
yksikkökustannuksen ja melun häiritseväksi koke-
vien määrän avulla kohdassa 2.6 esitettyjen
periaatteiden mukaisesti.

Pakokaasupäästöjä laskettaessa tulee ottaa
huomioon ajo-olosuhteet, nopeustaso ja autojen

tekninen kehittyminen. Verkon katuosuuksille ja
maantieosuuksille tulee käyttää eri ominaispääs-
tökertoimia (g/ajokm).

Pakokaasupäästöt lasketaan vähintään tien avaa-
misvuodelle, yhdelle välivuodelle ja viimeiselle
tarkasteluvuodelle. Päästöjen kehittymiseen
vaikuttaa mm. katalysointiautojen yleistyminen.
Vuonna 2010 autokannan oletetaan pääosin täyt-
tävän sekä raskaille autoille että henkilöautoille
asetetut tiukemmat päästömääräykset. Pako-
kaasujen päästöt eivät tarkastelujaksolla välttä-
mättä kehity lineaarisesti.

Pakokaasujen kustannukset lasketaan päästö-
määrien (tonnia/vuosi) ja kohdassa 2.6 esitettyjen
päästöjen yksikkökustannusten (mk/tonni) avulla.

Tietoja melutasojen ja pakokaasupäästöjen las-
kennasta löytyy mm. julkaisuista: Vähemmän
melua - opas tiensuunnittelijoille (TIEL 2150005,
Hki 1991) ja Yleisten teiden ympäristön tilan
selvitys (Tielaitoksen selvityksiä 76/1992, Hki
1992). Katuosuuksien päästöjen laskemiseen voi-
daan käyttää VTT:n LIISA-tietojärjestelmän omi-
naispäästökertoimia (versio 2.2) eri katutyypeille.

Esimerkkitapauksessa on arvioitu melualueilla asuvien määrät tarkastelu-
jakson lopussa vuonna 2020, jolloin nykyisellä tiellä 55 dB:n melualue
olisi noin 140 m levyinen, mutta se kapenee 60 metriin osan liikenteestä
siirtyessä uudelle tielle. Uudella tiellä on vastaavan melualueen leveys
noin 160 metriä ja alueelle jää yksittäisiä rakennuksia. Melun häiriönä
kokevien asukkaiden määrä lasketaan sivulla 18 esitetyn taulukon avulla.

Esim.: Ve 0, melun häiritsemiä yhteensä = 0,33*190+0,50*51 = 63+26 = 89

	Melualueella asuvien määrät v. 2020			Melun häiriönä kokevi- en asukkaiden määrä
	Melutaso	55-65 dB	65-70 dB >70 dB	
0-vaihtoehto	190	51	0	<u>89</u>
Ve 1, uusi tie	15	0	0	5
Ve 1, vanha tie	90	0	0	30

Esimerkkitapauksessa laskettiin päästöt erikseen kevyille ja raskaille ajoneuvoille. Laskennassa on otettu huomioon ajoneuvojen tekninen kehittyminen, nopeustaso ja ajo-olosuhteet. Taulukossa esitetyt luvut ovat vuotuisia kokonaispäästöjä 10 vuoden välein laskettuina.

Vuosi	Vuotuiset päästömäärät, tonneja		
	2000	2010	2020
0-vaihtoehto			
Typen oksidit	72,4	62,3	67,9
Hiilivedyt	12,3	8,7	9,8
Hiukkaset	9,5	10,7	11,5
Hiilidioksidi	9800	13400	14900
Ve 1, uusi tie			
Typen oksidit	57,9	46,9	50,5
Hiilivedyt	6,6	5,0	5,3
Hiukkaset	7,0	7,8	8,5
Hiilidioksidi	7300	9800	10800
Ve 1, vanha tie			
Typen oksidit	14,4	11,4	12,2
Hiilivedyt	1,8	1,2	1,4
Hiukkaset	1,9	2,1	2,3
Hiilidioksidi	2000	2600	2900

Esimerkkitapauksen ympäristökustannukset (Mmk/vuosi) esitetään seuraavassa taulukossa. Väli vuodet (2005 ja 2015) on laskettu suoraan interpoloimalla. Melun kustannukset oletetaan koko laskentajakson ajan samoiksi (laskenta vuoden 2020 tilanteen mukaan).

Esimerkiksi 0-vaihtoehto v. 2020: Melun kustannukset = $89 \cdot 5200 \text{ mk} = 0,46 \text{ Mmk}$, pakokaasujen kustannukset = $67,9 \cdot 5000 \text{ mk} + 9,8 \cdot 10000 \text{ mk} + 11,5 \cdot 92000 \text{ mk} + 14900 \cdot 170 \text{ mk} = 4,03 \text{ Mmk}$.

Vuosi	Vuotuiset ympäristökustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto					
Melu	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Pakokaasut	3,03	3,34	3,66	3,84	4,03
Ve 1, uusi tie					
Melu	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pakokaasut	2,24	2,45	2,67	2,80	2,92
Ve 1, vanha tie					
Melu	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Pakokaasut	0,60	0,65	0,70	0,74	0,78
Ve 1, yhteensä					
Melu	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Pakokaasut	2,85	3,11	3,37	3,54	3,70

3.9 Tiehankkeen kustannukset

Tiehankkeen kustannuksiin kuuluvat tien rakentamisen kustannukset rakennusaikaiset korot mukaanluettuna ja tien kunnossapidon kustannukset (Kpk, kunnossapito ja uudelleen päällystäminen).

Käytettäessä tämän julkaisun mukaisia yksikkökustannuksia on tiehankkeen kustannukset (arviot) esitettävä tr-indeksin pisteluvun 138 mukaisessa kustannustasossa.

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan esim. tien kunnossapitoluokan ja kunnossapitolastoja avulla. Uudelleen päällystämisen kustannukset sisällytetään yleensä kunnossapitokustannuksiin (keskimääräinen vuosikustannus), mutta niitä voidaan periaatteessa käsitellä myös määräaikaisina lisäinvestointeina.

Laskentaesimerkin rakennuskustannukset on arvioitu alunperin tr-indeksin pisteluvun 132 mukaisessa kustannustasossa 155 mmk:ksi. Ottamalla huomioon indeksimuunnos, rakennusaikaiset korot ja avaamisvuoteen diskontattu jäännösarvo saadaan kuoletettavat rakennuskustannukset.					
Laskennan tr-indeksi	132	⇒	138		
Kustannusarvio	155	⇒	162	Mmk	
Rakennusaika 3 vuotta	Korot yht. 9,3 %		15	"	
Kuoletusaika 30 -"-	Jäännösarvo 33 %		-17	"	
Kuoletettava kustannus (K)			160	Mmk	

Kunnossapitokustannukset (Mmk/vuosi) on laskentaesimerkissä arvioitu seuraaviksi:					
Vuosi	Vuotuiset kunnossapitokustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2
Ve 1, uusi tie	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Ve 1, vanha tie	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Ve 1, yhteensä	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6

3.10 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon taloudellisuustarkasteluissa **liikenteen ajokustannuksiin (AK)** lasketaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). **Liikenteen ympäristökustannuksiin (Ymk)** lasketaan melun ja pakokaasupäästöjen haittojen kustannukset.

Ennen vuotta 1992 ajokustannusjulkaisuissa on käsitelty pelkästään ajokustannusten määrittämistä. Nykyisin liikenteen melun ja pakokaasupäästöjen kustannuseriä käsitellään taloudellisuuslaskelmissa samoin periaattein kuin ajokustannuksia. Kuitenkin on suositeltavaa käsitellä sekä ajokustannusten että ympäristökustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia erillisinä. **Tuloksina ilmoitetaan tiehankkeiden liikennetaloudelliset tunnusluvut sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.**

Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat liikenteen kustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi tien käytön kustannukset (Kpk, lähinnä tien

kunnossapito ja uudelleen päällystäminen) sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset esim. aluetalouteen.

Hankkeen tarkastelujakson eri vuosina erääntyvät kustannukset (esim. rakennuskustannukset, niiden korot, liikenteen kustannukset) tai vaikutuksina kertyvät rahalliset hyödyt (säästöt) on tarpeen saada keskenään verrattaviksi. Tästä syystä kustannukset ja hyödyt diskontataan sovitulla laskentakorolla (6 %) perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös hankkeen laskennallisen jäännösarvon sekä kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset jakson alku- ja loppuvuodelta sekä väli vuosilta 5 (tai 10) vuoden välein, jos liikenteen säästö- tai kustannuserien voidaan olettaa muuttuvan väliaikoina suoraviivaisesti.

Tässä käsitellään yhteenlaskettuja kevyiden ja raskaiden autojen ajokustannuksia sekä ympäristö- ja kunnossapitokustannuksia (Mmk). Käytetty diskonttauskaava antaa 20 vuoden laskentajakson vuosikustannusten nykyarvosumman laskettuna 5 vuoden välein määriteltujen vuosikustannusten avulla 6 prosentin korolla.
Esimerkiksi: ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot:
 $Ank = 2,5 \cdot 25,3 + 3,74 \cdot 29,4 + 2,79 \cdot 34,2 + 2,09 \cdot 36,1 + 0,78 \cdot 37,9 = 373,5$ Mmk

	0-ve	Ve 1 uusi.	Ve 1 vanha	Ve 1 yhteensä	Säästö
Ank _{kev}	373,5	270,6	73,7	344,3	29,2
Ank _{rask}	263,9	188,1	51,4	239,5	24,4
Yhteensä	637,4	458,7	125,1	583,8	53,5
Aik _{kev}	290,5	160,6	55,1	215,7	74,8
Aik _{rask}	160,1	104,3	30,5	134,8	25,4
Yhteensä	450,7	264,9	85,6	350,5	100,2
Onk	104,9	46,9	21,0	67,9	37,0
Yhteensä	1192,9	770,5	231,7	1002,2	190,7
Ymk	46,9	30,6	9,9	40,6	6,3
Kpk	13,4	11,3	6,9	18,2	-4,8

Hankkeen taloudelliset tunnusluvut

Hankkeen kannattavuuden arviointia ja eri vaihtoehtojen edullisuuden vertailua varten on kehitetty laskennallisia menetelmiä, joilla eriaikaisia ja erilaisia vaikutuksia yhdistetään edullisuutta kuvaaviksi tunnusluvuiksi.

Yleisimmin käytetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeiden vertailussa ovat:

- **Hyöty-kustannussuhde (H/K):**
Koko laskenta-ajanjaksolta (yleensä 20 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin.

- Ensimmäisen vuoden tuotto (e):

Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettu kokonaisinvestoinnilla (kuolettettava kustannus).

Näiden lisäksi voidaan laskea muitakin tunnuslukuja, joista mainittakoon seuraavat:

- Hankkeen sisäinen korko:
Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty-kustannussuhde on yksi.
- Pääoma-arvo:
Kaikkien tarkastelujakson aikana syntyvien hyötyjen ja kustannusten nykyarvojen erotus.

Laskentakaavoja

$$H/K = (B - C) / K$$

(nettoperiaatteella laskettuna)

$$e = (b_1 - c_1) / K$$

missä:

K = perusinvestointi rakennusaikaiset korot ja jäännösarvo mukaanlukien nykyarvoisena
B = liikenteen (+Ymk) hyötyjen nykyarvo
C = käyttökustannusten (Kpk) nykyarvo
(B ja C summattuina koko laskentajaksolta)

b_1 = 1. vuoden hyödyt (AK- ja Ymk- säästöt 0-vaihtoeht. verraten)

c_1 = 1. vuoden käyttökust. (Kpk-lisäys/säästö)

Laskentaesimerkin tunnusluvut

Laskentaesimerkin taloudelliset tunnusluvut on laskettu sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.

Esimerkiksi (Ymk mukana): $H/K = (190,7 - 4,8 + 6,3) / 160 = 1,20$
 $e = (43,1 - 39,7 + 30,3 - 23,7 + 7,1 - 4,6 + 3,5 - 3,0 + 1,0 - 1,4) / 160 = 0,079 = 7,9 \%$
 (aloitusvuoden 2000 luvuin)

	Ilman ympäristökustannuksia	Ympäristökustannukset mukana
Hyöty-kustannussuhde, H/K	1,16	<u>1,20</u>
Ensimmäisen vuoden tuotto, e	7,6 %	<u>7,9 %</u>

4 LIITE

Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää

tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on syytä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliiken-

teestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 8760. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuo-

ritteesta. Nämä saadaan esim. konelaskentapisteiden tuloksista tai kuvan 1 tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne voidaan tehdä kuvien 2 ja 3 mukaisille lomakkeille määrittämällä nopeuskuvaajan piirtämisessä tarvittavat pisteet:

- Kevyen auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Kevyen auton nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärä ja sitä vastaava nopeus
- Linkin välityskyky ja sitä vastaava nopeus

- Raskaan auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Raskaan auton nopeuskuvaajan taitepisteen nopeus.

Nopeuskuvaajat piirretään suoraviivaisina em. pisteiden välillä. Koska matkanopeus vapaissa oloissa on määritetty eri kaavoista kuin nopeuskuvaaja, voi syntyä tilanne, jossa nopeus kasvaisi liikenteen lisääntyessä (korjattava joko vapaata nopeutta tai nopeuskuvaajaa muuttamalla). Jos liikennemäärä vuoden vilkkaimpana tuntina ylittää nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärän saadaan tuntiliikenneluokkiin perustuvan

menetelmän avulla käsinlaskentamenetelmää tarkemmat tulokset. Kuvien 2 ja 3 yläosien kaa-

voista on piirretty kuvien 4, 5 ja 6 nomogrammit, joita voidaan käyttää kaavojen sijasta.

5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutunneille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä

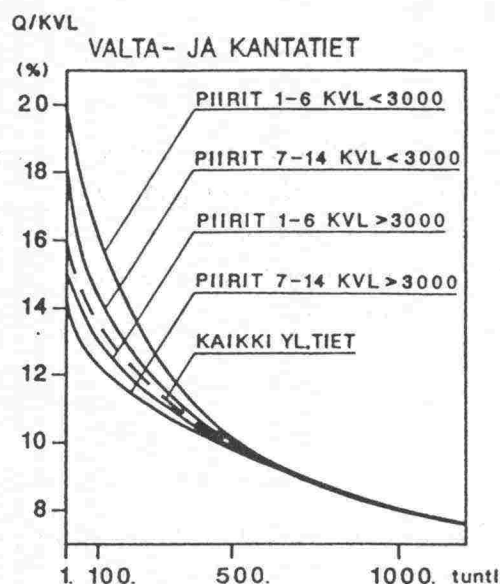
esitetyistä taulukoista tai sivuilla 46 ja 47 olevien kaavojen avulla. Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikennesuoriteosuuksilla.

6. Taloudelliset tunnusluvut

Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastaavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä

vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannukset.

Kuva 1. Tyypilliset tuntijärjestyskäyrät ja vastaavat ajosuoriteosuustaulukot



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	20,0	1-100	4,4
100.	16,1	101-1000	24,3
1000.	8,1	1001-8760	71,3
8760.	0,5		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL > 3000

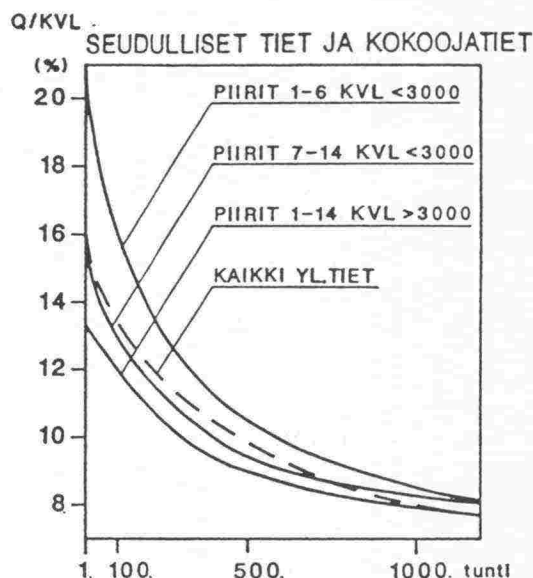
TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	15,0	1-100	3,6
100.	13,0	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,0
8760.	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	18,1	1-100	4,0
100.	14,2	101-1000	23,6
1000.	8,1	1001-8760	72,4
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	14,5	1-100	3,4
100.	12,2	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,2
8760.	0,4		100,0



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	21,0	1-100	4,5
100.	15,8	101-1000	23,8
1000.	8,5	1001-8760	71,7
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,5
100.	13,0	101-1000	21,9
1000.	8,3	1001-8760	74,6
8760.	0,4		100,0

KOKO SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	13,3	1-100	3,2
100.	11,9	101-1000	20,7
1000.	7,9	1001-8760	76,1
8760.	0,5		100,0

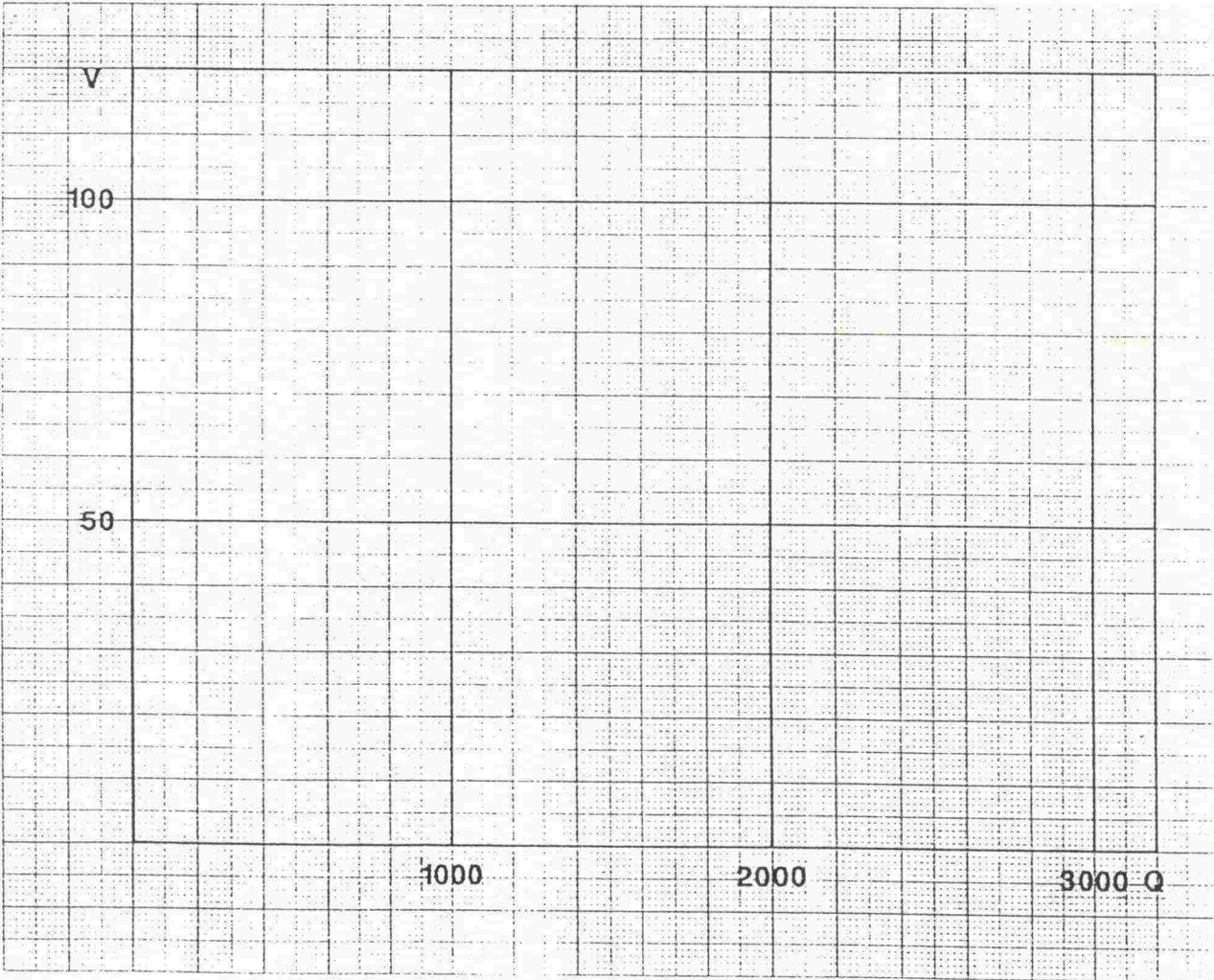
KAIKKI YLEISET TIET

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,7
100.	13,5	101-1000	22,3
1000.	8,0	1001-8760	74,0
8760.	0,4		100,0

Kuva 2. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Yksiajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R=	_____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
PÄÄLLYSTEEN LEVEYS	L=	_____	m	-ERITASO	*0.5= _____
MÄKISYYS	M=	_____	m/km	-YL. TIE	*1.0= _____
KAARTEISUUS	K=	_____	g/km	-PÄÄKATU	*1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P=	_____	%		-SIVUKATU	*0.8= _____
				-LIIK.VALO	*2.0= _____
				-YKS.TIE	*0.1= _____
				YHTEENSÄ	LT= _____
				(T-liittymät *0.7)	

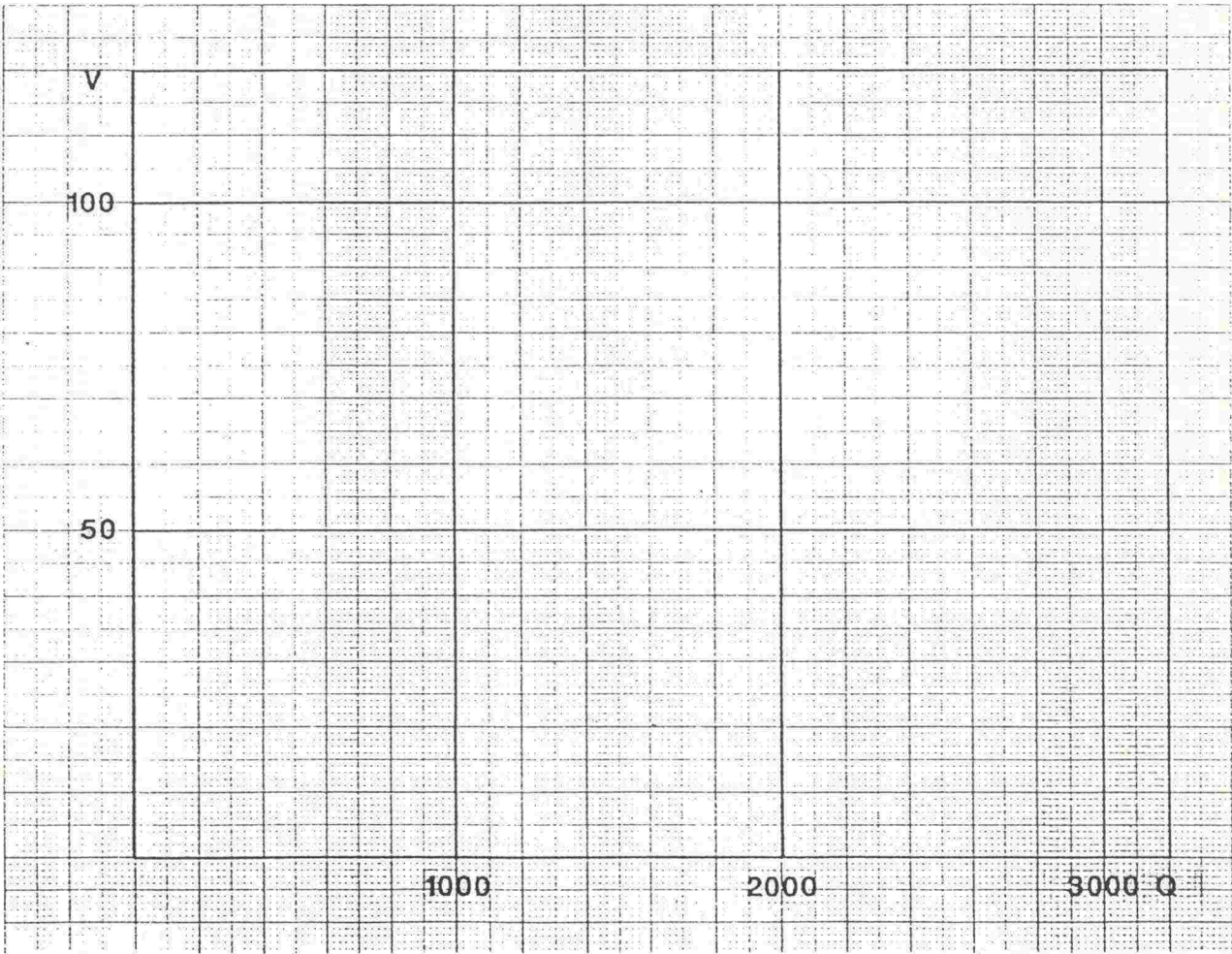
PÄÄLLYTEKORJAUS	PK=	_____	
-(Ab 1.0, Ös 0.96, Sr 0.90)			
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK=	g/t*0.8= _____	
VÄLITYSKYKY	Qm=	(400+210*L)/(1+P/100)*LK= _____	autoa/h
TAITEPISTE	Qt=	Qm*(70-13*LT)/100 = _____	
-(0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)	Qt=	_____	autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET	Vk=	(40+0.39*R-R*K/600+1.65*L*R/80)*PK= _____	km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT	Vr=	(85/(1+M/200)-LT)*PK = _____	
-(Vr <= Vk)	Vr=	_____	km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ	Vt=	Vk-0.08*Vk*Qt/1000= _____	km/h
-(Raskaalla liikenteellä <= Vr)	Vtr=	_____	km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	Vm=	0.33*Vk= _____	km/h



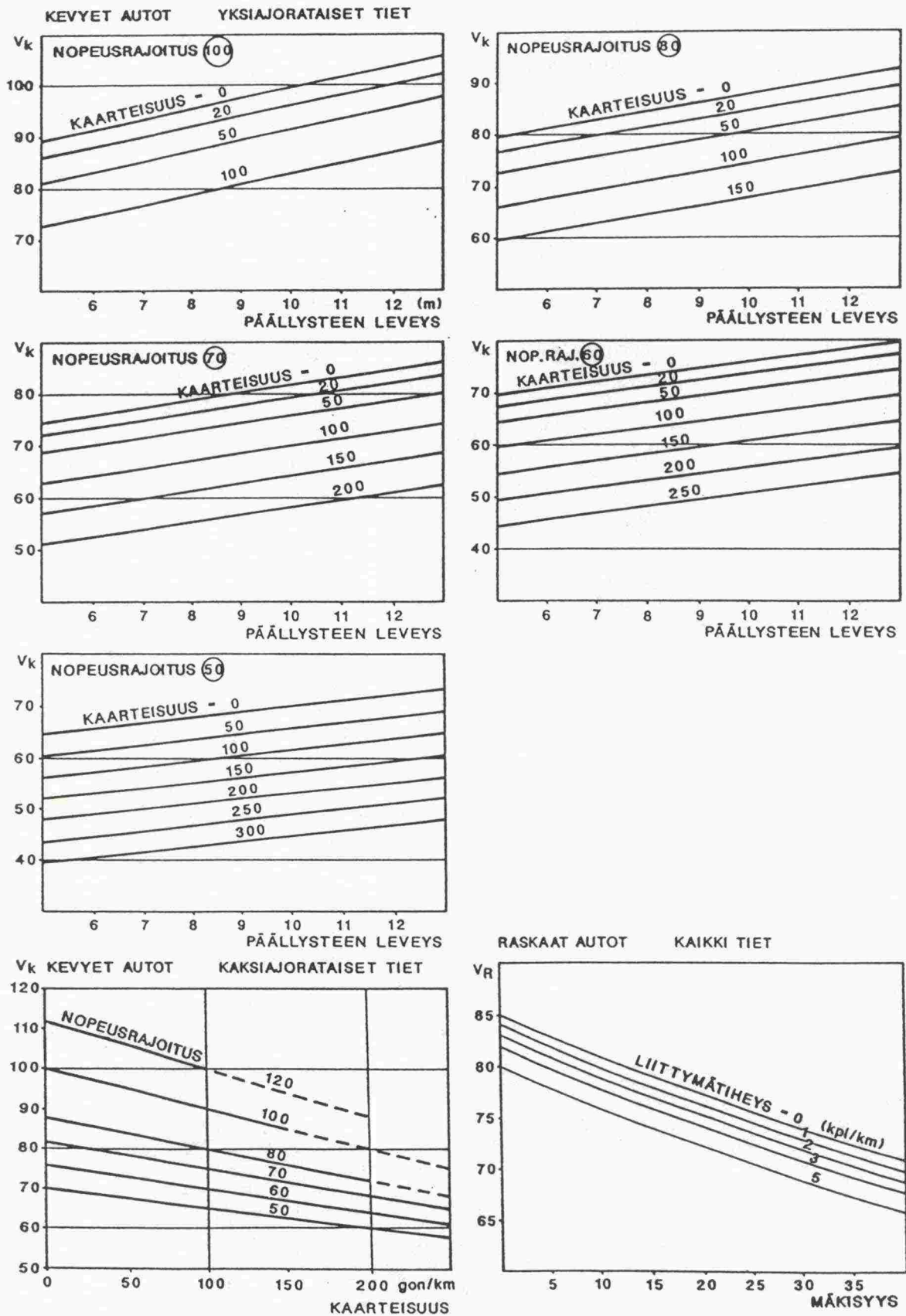
Kuva 3. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Kaksiajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R=	_____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
KAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ	L=	_____	m	-ERITASO	_____ *0.5= _____
MÄKISYYS	M=	_____	m/km	-YL. TIE	_____ *1.0= _____
KAARTEISUUS	K=	_____	g/km	-PÄÄKATU	_____ *1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P=	P=	_____	%	-SIVUKATU	_____ *0.8= _____
				-LIIK.VALO	_____ *2.0= _____
				-YKS.TIE	_____ *0.1= _____
				YHTEENSÄ	LT= _____
				(T-liittymät *0.7)	

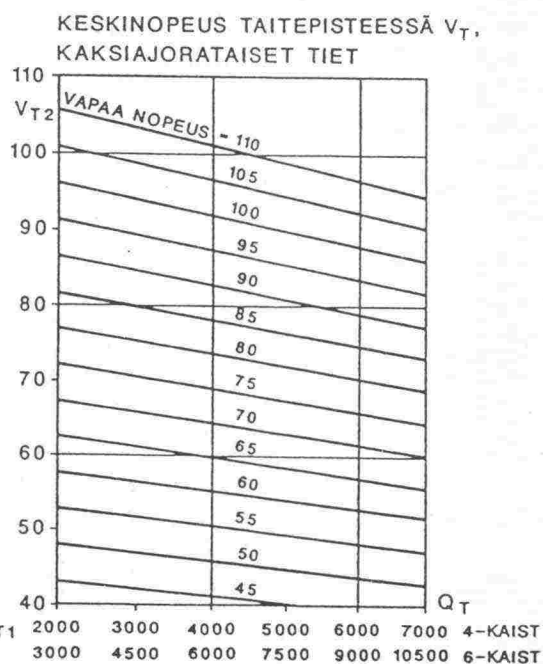
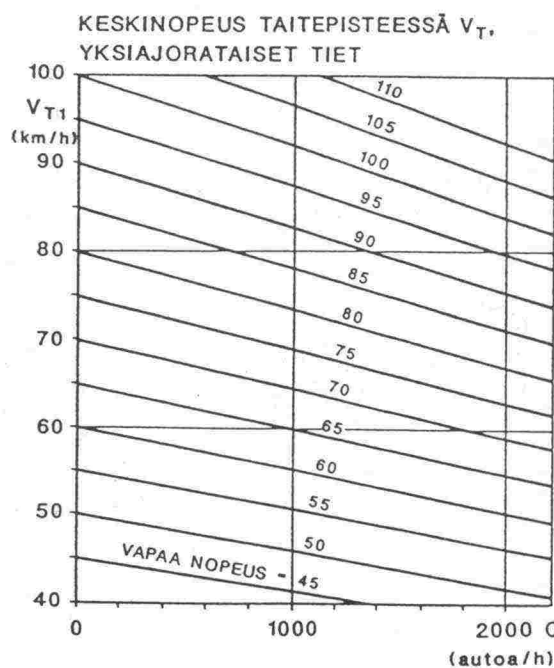
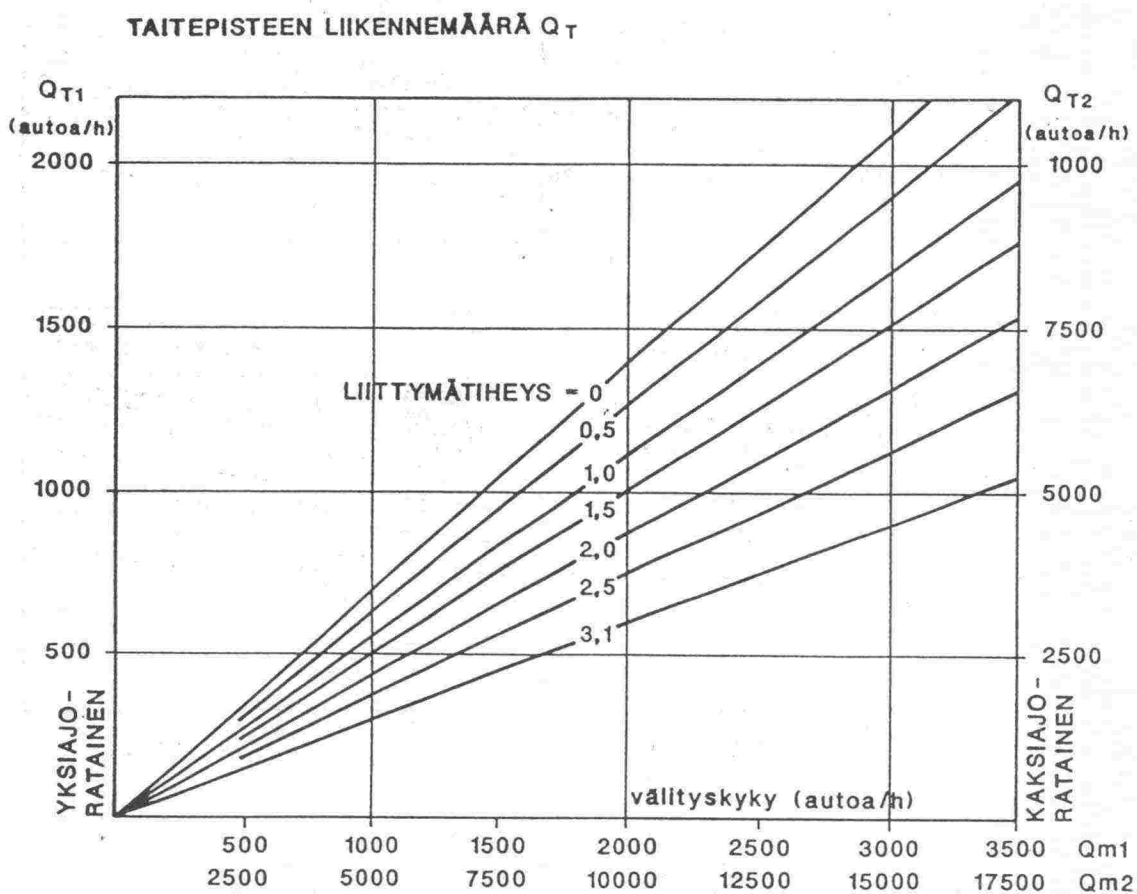
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK=	0.64*g/t=	_____	
VÄLITYSKYKY	Qm=	2200*N/(1+P/100)*LK=	_____	autoa/h
TAITEPISTE	Qt=	Qm*(70-13*LT)/100 =	_____	
- (0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)		Qt=	_____	autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET	Vk=	40+0.60*R-0.001*R*K=	_____	km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT				
	Vr=	85/(1+M/200)-LT =	_____	
- (Vr <= Vk)		Vr =	_____	km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ				
	Vt=	Vk-0.08*Vk*Qt/(N*1000) =	_____	km/h
- (Raskaalla liikenteellä <= Vr)		Vtr =	_____	km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA		Vm=	0.33*Vk =	_____ km/h



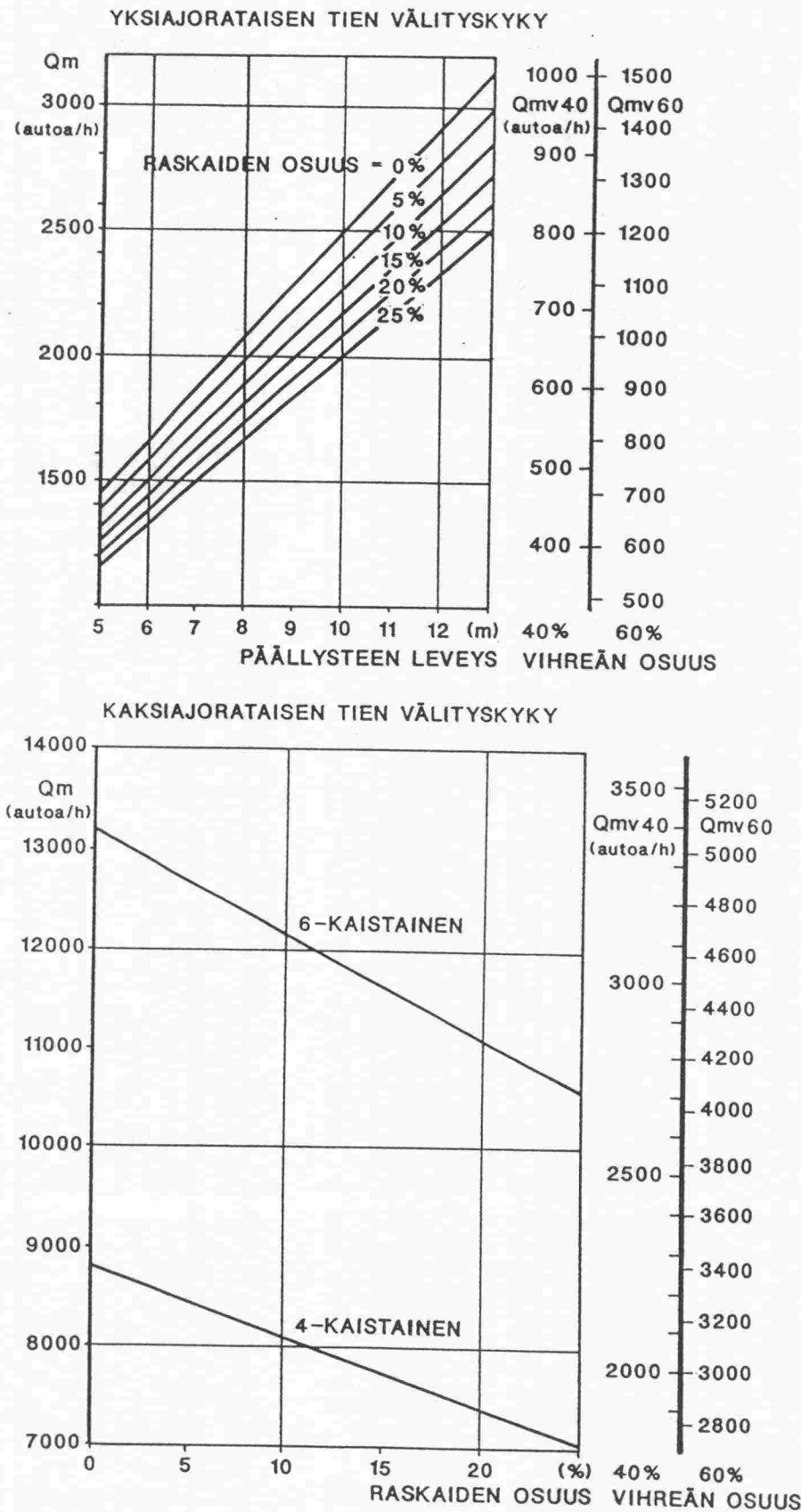
Kuva 4. Vapaan matkanopeuden määrittäminen



Kuva 5. Nopeuskuvaajan taitepisteen määrittäminen



Kuva 6. Välityskyvyn määrittäminen



Kustannusmallit kevyiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 14.4$$

$$A_{pa}/2 = 56.7$$

$$A_{kev}/2 = 18.7$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 14.4$$

$$A_{pa}/2 = 56.7$$

$$A_{kev}/2 = 18.7$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$B_{ha} = 43.0$$

$$B_{pa} = 56.4$$

$$B_{kev} = 44.4$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$v_0 = 80$$

$$p_{0ha} = 7.9$$

$$p_{0pa} = 11$$

$$p_{0kev} = 8.2$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$p_{ha} = 9.12 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{pa} = 12.22 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{kev} = 9.43 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

Kustannusmallit raskaiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 99.1 \\ A_{kaip}/2 &= 106.4 \\ A_{kapp}/2 &= 105.6 \\ A_{katp}/2 &= 94.8 \\ A_{ka}/2 &= 100.6 \\ A_{rask}/2 &= 100.3 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 99.1 \\ A_{kaip}/2 &= 106.4 \\ A_{kapp}/2 &= 105.6 \\ A_{katp}/2 &= 94.8 \\ A_{ka}/2 &= 100.6 \\ A_{rask}/2 &= 100.3 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{la} &= 150.8 \\ B_{kaip} &= 154.7 \\ B_{kapp} &= 161.8 \\ B_{katp} &= 185.7 \\ B_{ka} &= 170.7 \\ B_{rask} &= 167.1 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned} v_0 &= 70 \\ p_{0la} &= 30 \\ p_{0kaip} &= 26 \\ p_{0kapp} &= 37 \\ p_{0katp} &= 43 \\ p_{0ka} &= 35.3 \\ p_{0rask} &= 34.3 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned} p_{la} &= 33.83-0.5251 \cdot V+0.004512 \cdot V^2+1.796 \cdot dV+0.01873 \cdot dV^2-0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad +0.0001863 \cdot dV \cdot V^2-0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V-0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kaip} &= 29.32-0.5251 \cdot V+0.004512 \cdot V^2+1.796 \cdot dV+0.01873 \cdot dV^2-0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad +0.0001863 \cdot dV \cdot V^2-0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V-0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kapp} &= 48.09-0.6553 \cdot V+0.005882 \cdot V^2+1.255 \cdot dV+0.02685 \cdot dV^2-0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad -0.00003271 \cdot dV \cdot V^2-0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V+0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{katp} &= 55.89-0.6553 \cdot V+0.005882 \cdot V^2+1.255 \cdot dV+0.02685 \cdot dV^2-0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad -0.00003271 \cdot dV \cdot V^2-0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V+0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{ka} &= 43.92-0.5993 \cdot V+0.005293 \cdot V^2+1.488 \cdot dV+0.02336 \cdot dV^2-0.02045 \cdot dV \cdot V \\ &\quad +0.00006146 \cdot dV \cdot V^2-0.0003790 \cdot dV^2 \cdot V+0.000001679 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{rask} &= 42.10-0.5860 \cdot V+0.005152 \cdot V^2+1.543 \cdot dV+0.02253 \cdot dV^2-0.02359 \cdot dV \cdot V \\ &\quad +0.00008393 \cdot dV \cdot V^2-0.0003262 \cdot dV^2 \cdot V+0.000001267 \cdot dV^2 \cdot V^2 \end{aligned}$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2+v_0/v \cdot A/2+p/p_0 \cdot B$$

ISBN 951-47-7672-0
TIEL 2123614-93